



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS Y PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS
RESIDUALES DEL HOSPITAL REGIONAL DE
CAJAMARCA - 2015.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

RODRIGUEZ CARO, OSCAR WILDER

ASESOR:

Ing. Mg. Persi, VERA ZELADA

LINEA DE INVESTIGACION

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS

CAJAMARCA – PERU

2015

**“ANÁLISIS Y PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL
HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA – 2015”.**

AUTOR:

OSCAR WILDER RODRIGUEZ CARO

ASESOR

Ing. Mg. PERSI VERA ZELADA

Presentado a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad
César Vallejo – Chiclayo para optar el título de:

Ingeniero Ambiental

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

SECRETARIO DEL JURADO

VOCAL DEL JURADO

CAJAMARCA – PERÚ 2017

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios su infinita bondad y amor, por haber permitido que llegue hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres por el apoyo incondicional, por sus consejos, valores, por la motivación constante que me ha permitido ser persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Finalmente, a nuestros maestros aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, y que me ayudaron en nuestras dudas y asesoría prestadas en la elaboración de esta tesis.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios sobre todas las cosas por protegerme durante mi camino y darme fuerza para superar cada obstáculo y dificultad.

Agradezco la confianza y el apoyo brindado por mi madre que sin dudar mostro en el trayecto de nuestras vidas y nos han demostrado su amor corrigiendo cada una de nuestras faltas y celebrando nuestros triunfos.

Son muchas las personas que forman parte de nuestras vidas profesionales y a las que es necesario agradecerles por su amistad, apoyo, consejos, ánimos y compañía en los momentos más difíciles. Algunas están acá con nosotros y otros en nuestros recuerdos sin importar donde estén quiero agradecer por formar parte de mi vida y por todas sus bendiciones.

El Autor

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

El autor, Rodríguez Caro Oscar Wilder con DNI N° 41154479, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento, qué toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión, tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Cajamarca, 19 de diciembre del 2015

OSCAR W. RODRIGUEZ CARO
AUTOR

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presentamos ante ustedes la Tesis titulada “**ANÁLISIS Y PLAN DE GESTIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA - 2015.**” La misma que sometemos a vuestra consideración y esperamos que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental.

INDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Problema de investigación	31
Formulación del problema	32
1.2. Hipótesis:.....	32
1.3. Objetivos de Investigación	32
II. MARCO METODOLÓGICO	33
2.1. Variables.....	33
2.2. Operacionalización de variables:.....	33
2.3. Metodología:.....	34
2.4. Tipo del estudio.....	34
2.5. Diseño de investigación:.....	34
2.6. Población y muestra	35
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	35
2.8. Métodos de análisis de datos	37
2.9. Aspectos éticos:.....	37
III. RESULTADOS	38
Figura 01.....	39
Figura 02.....	40
Figura 03.....	41
Figura 04.....	42
Figura 05.....	43
Figura 06.....	44
IV. DISCUSIÓN	45

V.	CONCLUSIONES	46
VI.	RECOMENDACIONES	48
VII.	REFERENCIAS	55
7.1.	Bibliografía	55
7.2.	Linkcografia	58

RESUMEN

El presente trabajo consiste en determinar los valores de los parámetros físico – químicos y microbiológicos en aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca en los meses de enero y febrero del 2016.

Si bien se encuentra vigentes Normas de Calidad Ambiental para descarga de aguas residuales, ha sido necesario realizar este Proyecto para conocer su cumplimiento y que permita evaluar el nivel de contaminación de las aguas residuales provenientes del Hospital Regional de Cajamarca. Este trabajo se realizó con el fin de servir para referencia local en lo concerniente a la información existente de estos parámetros, más cuando esta relación es un importante antecedente a la hora de decidir el tipo de tratamiento a aplicar en los efluentes hospitalarios.

De los resultados obtenidos para los parámetros de DBO₅, DQO, Coliformes Termotolerantes, y la relación DQO / DBO₅ de las muestras de aguas residuales analizadas, se desprende que son todas aptas para ser depuradas a través de tratamiento biológico.

Palabras clave: Aguas Residuales Hospitalarias, Coliformes Termotolerantes, DBO₅, DQO, pH, Plan de Gestión.

ABSTRACT

This work is to determine the values of the physical parameters - chemical and microbiological wastewater in the Regional Hospital of Cajamarca in the months of January and February 2016.

While it is valid Environmental Quality Standards for wastewater discharge, it has been necessary this project to meet compliance and to assess the level of contamination of wastewater from the Regional Hospital of Cajamarca. This work was done in order to serve local reference with regard to existing information on these parameters, especially when this relationship is an important precedent when deciding the type of treatment to be applied in hospital effluents.

From the results obtained for the parameters of BOD₅ , COD, thermotolerant coliforms, and COD / BOD₅ ratio of wastewater samples analyzed, shows that are all apt to be purified through biological treatment.

Keywords: Wastewater Hospital, thermotolerant coliforms, BOD₅ , COD, pH, Management Plan.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los problemas asociados a las aguas residuales generadas en centros hospitalarios son motivo de interés mundial debido a los peligros de una propagación de múltiples enfermedades y a los riesgos ambientales debido a la ausencia de tratamientos adecuados. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales, entre otros.

Las aguas residuales provenientes de los centros hospitalarios incluyen una larga lista de componentes presentes (compuestos químicos, bacterias y virus patogénicos) que representan un alto grado de peligrosidad para la salud de la población debido a la contaminación del agua y de los suelos. Todos los hospitales son considerados como una de las mayores fuentes de contaminantes emergentes debido al resultado de las diferentes actividades realizadas, como restos de antibióticos , excreción de pacientes, actividades de investigación, residuos de laboratorio, todos estos compuestos mencionados luego de su administración no son metabolizados y son excretados por medio de la orina o heces, estos componentes no son removidos cuantitativamente por medio de algún tipo de tratamiento convencional, a consecuencia de esto son encontrados en cuerpos de agua lo que constituye un potencial de alto riesgo de contaminación para el medio ambiente.

Las aguas residuales hospitalarias no se deben enviar al relleno sanitario, la incineración de residuos acuosos es antieconómica debido al consumo excesivo de combustible. Por lo tanto, es mejor que los residuos líquidos o semilíquidos tratados se los descarguen en un sistema de alcantarillado siempre y cuando tales descargas cumplan con los requerimientos vigentes para su eliminación. Es preferible evitar, que se continúe vertiendo sustancias sin tomar conciencia del daño que estamos ocasionando al medio ambiente, las mismas que se van acumulando, y muchas de ellas son no-biodegradables contribuyendo a empeorar la contaminación de nuestro medio ambiente.

En la ciudad de Cajamarca, las aguas residuales procedentes del Hospital Regional, no cuentan con un sistema eficiente de tratamiento in situ y como tal son transportadas a través de un sistema de alcantarillado, las mismas que van a desembocar directamente al río Mashcon.

Este río, es una de las principales fuentes de agua para las partes más bajas de la Provincia de Cajamarca; por este motivo, es muy importante realizar una evaluación de los parámetros contaminantes que están siendo vertidos a través de las aguas residuales hospitalarias sobre este sistema.

El presente trabajo se plantea con el objetivo de evaluar las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca para plantear un Plan de Gestión Ambiental que reduzca los valores elevados de dichos parámetros que modifican el Medio Ambiente.

Ramos, (2008). Reporta que los resultados del análisis de las aguas residuales procedentes de centros de salud, contribuyen para la gestión de los tratamientos de estas y permite disminuir su impacto ambiental. Dichas aguas aportan diferentes componentes, como son químicos y biológicos procedentes de antibióticos, heces, fluidos de pacientes enfermos, productos anticancerígenos, desinfectantes y otros.

Núñez y Moretto (2006). En un estudio realizado, demuestran la presencia de microorganismos resistentes a desinfectantes o antisépticos en un efluente hospitalario que se vierte directamente al sistema cloacal han sido poco estudiados y representan riesgos potenciales para la salud pública; al respecto, Schwartz et al., (2003), determinaron *Staphylococcus áureos* y bacterias heterotróficas resistentes a antibióticos que pueden actuar como transportadoras de resistencias genéticamente determinadas, pasando esos genes a bacterias patógenas por transferencia horizontal y que han sido encontradas en biopelículas de efluentes hospitalarios.

Ferreira et al., (2000) y Paz et al., (2004). Demuestran variabilidad en la cantidad de microorganismos heterótrofos y coliformes en muestras de

efluentes hospitalarios. De acuerdo, con los resultados de este estudio, se puede afirmar que; las aguas residuales de centros hospitalarios eliminan a la red de alcantarillado municipal; bacterias, patógenas o no, que sean resistentes a desinfectantes y antisépticos, y de esta manera producir una alteración en el balance biológico del ecosistema aumentando la proporción de bacterias resistentes en aguas tratadas.

Quesada, et al. (2009). Mencionan la presencia de concentraciones irrelevantes de fármacos en aguas residuales, subterráneas y superficiales por contaminación con efluentes líquidos de hospitales. Los efluentes de las industrias farmacéuticas y los hospitales evidencian un problema por cuanto a elevada concentración de residuos y presentan una compleja mezcla de productos farmacéuticos, que pueden ser dañinos para los ecosistemas. Su baja relación DBO_5/DQO hace que los tratamientos biológicos no representen cambios para reducir su poder contaminante por debajo de los límites máximos permisibles, por lo que se plantea el desarrollo y empleo de métodos innovadores de tratamiento.

Rivera J y Cedillo L. (2005). En la “Evaluación de la resistencia a antibióticos en enterobacterias aisladas de aguas contaminadas”, indican que: En los países en vías de desarrollo, a causa de la automedicación y el aumento de enfermedades gastroentéricas, se está generando que ciertos microorganismos creen resistencia frente a antibióticos. Las variaciones del clima, juegan un muy papel importante el cual debemos tomar en cuenta para el estudio de patógenos resistentes a los mecanismos convencionales de tratamientos. De tal forma, debemos considerar el uso prudente de antibióticos en medicina humana y medicina veterinaria.

Grinales et al., (2012). Evaluaron la utilización de ozono como una alternativa adecuada para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias. Mostrando; “que bajo condiciones alcalinas hubo un incremento en la relación de biodegradabilidad DQO/DBO_5 del 70% después de 60 minutos de ozonización. Sin embargo, para la medición de contenido orgánico UV254 y color, la condición ácida fue la que obtuvo mayores valores de eficiencia de

remoción, UV254 (47%) y color (87%). Con respecto a la toxicidad aguda, el ozono mostró ser un tratamiento adecuado. Se obtuvo una eficiencia de remoción del 62% con una dosis aplicada de ozono de 187mgO₃/L en condiciones básicas". Por lo tanto se deben realizar estudios con el objeto de identificar compuestos específicos que se encuentren en los efluentes hospitalarios y ampliar los niveles de toxicidad con organismos de diferentes niveles, así como desarrollar experimentos de genotoxicidad y mutagenicidad. Con esto afirman que es necesario un tratamiento posterior de tipo biológico para la degradación de material biodegradable.

Gonzalez, 2011, declara que la ausencia de tratamiento adecuado de las aguas residuales de los hospitales, clínicas y centros médicos. En las aguas negras de estos centros se reporta la presencia de antibióticos, citostáticos, anestésicos, desinfectantes, IMC (medios de contraste a base de yodo), mercurio, platino, estrógenos, antiepilépticos, carbamazepina, etc. Además, bacterias que cuentan con varios factores de virulencia y cepas resistentes a diferentes antibióticos.

La estrategia planteada por los expertos en salud se orienta a que cada hospital, clínica o centro médico cuente con su propio sistema de tratamiento especializado de aguas residuales. (Gonzalez, 2011)

Las aguas una vez tratadas, pueden ir a un alcantarillado municipal donde se recogen también aguas residuales ordinarias, que luego irán a una planta de tratamiento convencional. Si no existiera un alcantarillado sanitario adecuado y una planta de tratamiento, se podrá recurrir a la disposición en un cuerpo receptor. Esto desde luego en un régimen de control y vigilancia sanitaria muy riguroso y estricto. (Gonzalez, 2011)

Se recomienda la no utilización de estas aguas residuales tratadas en irrigación u otros usos donde se pueda dar contacto directo con el ser humano o animales domésticos. (Gonzalez, 2011)

Moreno et al., (2012). Declara la persistencia de elementos antitumorales, antibióticos y compuestos órgano - halogenados, en concentraciones mínimas

casi todos estos compuestos son tóxicos para los organismos acuáticos, pudiendo afectar al hombre ya que se acumulan en los tejidos. Dichos compuestos terminan degradando el medio ambiente natural ya que causa un desorden biológico. En estos casos factores como la temperatura, radiación, etc, no son suficientes para la degradación de estos componentes, lo que lleva a una alteración en la composición de las aguas receptoras y todo el ecosistema que se encuentra en ellas.

Kummerer et al., en el estudio realizado el año **(2001)** identificaron a los centros de salud como fuente generadora de metales en el medio ambiente, demostrando su existencia en los efluentes de estos centros hospitalarios. Las aguas residuales de los hospitales tienen una gran variación en su constitución ya que presenta compuestos químicos y secreciones humanas contaminadas, entre otros. Dentro de los problemas de contaminación ambiental encontramos la descarga de aguas residuales no tratadas en los cuerpos receptores, por ello es importante efectuar investigaciones de los riesgos que pueden producir los contaminantes presentes en las aguas residuales de centros de salud sobre los ecosistemas.

Entre los compuestos que contaminan el medio ambiente encontramos sustancias que tienen la capacidad de producir mutaciones y cambios en la genética del ecosistema acuático.

Los efectos tóxicos y mutagénicos de los metales pesados, así como la capacidad de los organismos de bioconcentrarlos, conllevan a provocar efectos nocivos a los ecosistemas.

Emmanuel et al., (2002); Li et al., (2007); Núñez & Moretton, (2007). Demuestran que las aguas residuales provenientes de los hospitales contienen organismos altamente patógenos, como bacterias resistentes a antibióticos, virus e incluso priones de *Salmonella* spp., *Legionella*, VIH *Shigella* spp., *Vibrio* spp.

El vertido directo sin previo tratamiento al alcantarillado municipal, es sinónimo de un riesgo altamente dañino para el medio ambiente, ya que las

plantas y otros organismos no están preparados para ese objetivo en particular.

Los medicamentos llegan al medio ambiente a través de un conjunto de rutas principales. Investigadores de Alemania en un estudio realizado en 1998 identificaron que sin importar el cuerpo de agua que se escoja pueden encontrarse entre 30 y 60 productos farmacéuticos. (Raloff, 1998).

“La concentración de estos productos en el agua es del orden de las partes por billón, comparable con la que se encuentra en los pesticidas.” (Buser & Muller, 1998)

Lastimosamente, los fármacos son creados para que tengan determinadas características, por ejemplo; cerca del 30 % de ellos son lipofílicos, es decir que se disuelven en grasa, pero no en agua. Esta característica les facilita el paso a través de las membranas de la célula y operar dentro de ellas. Esto expresa también que una vez que han entrado en los cuerpos de agua, entran a la cadena alimentaria. Por otra parte, las medicinas se elaboran para que sean persistentes, lo que las conlleva a mantener su estructura química un tiempo suficientemente prologando como para ejercer su trabajo terapéutico, por lo tanto, cuando entran en los cuerpos de agua persisten en ellos. “Incluso, si la concentración de los productos farmacéuticos en aguas residuales, superficiales y subterráneas es baja, los investigadores se preguntan cuál es el efecto a largo plazo de una mezcla diluida de pesticidas, antibióticos, hormonas, analgésicos, tranquilizantes y productos de la quimioterapia. Por supuesto, no existe respuesta todavía para esta pregunta, pues se deben tener en cuenta las múltiples interacciones que pueden ocurrir en una mezcla de compuestos químicos tan compleja.” (Nuñez & Moretto, 2006).

Nuñez & Moretto, 2006, demuestran la presencia de bacterias resistentes, como especies de los géneros *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella* y *Staphylococcus*, microorganismos que en muchos casos, son agentes de

infecciones intrahospitalarias; fueron aisladas en aguas residuales de centros hospitalarios con altas concentraciones de desinfectantes.

Zuccato et al., en el **2005** dice que los fármacos son elementos compuestos y complejos que se utilizan a nivel mundial. Muchas moléculas activas distintas se usan actualmente en el planeta para tratar o prevenir enfermedades, con cientos de productos nuevos que se crean cada año para reemplazar otros que ya no causan efecto.

Se reportan que, en los últimos 15 años, los fármacos representan una nueva clase de contaminantes del medio ambiente. Estos productos incluyen antibióticos, hormonas, analgésicos, tranquilizantes y los productos de la quimioterapia que son aplicados a los pacientes con cáncer. Los fármacos han sido encontrados en aguas superficiales y subterráneas e incluso en el agua potable. (Montague. 2006)

Con respecto a las formas de tratamiento de las aguas residuales, **Vieno en el 2007** menciona que cada procedimiento tecnológico tiene sus características específicas con lo que respecta a la extracción de los contaminantes. Un adecuado control de las aguas residuales hospitalarias demanda que “las descargas de los servicios sanitarios de pacientes bajo tratamiento de terapia de medicina nuclear, debe ser colectado en tanques separados, ello evita la presencia de radionúclidos en todo el efluente.” Ya que algunos componentes presentes en las aguas residuales del hospital pueden provocar la inhibición de la biomasa y así también se disminuye la eficiencia del tratamiento. La IWA ha mostrado que los tratamientos fisicoquímicos, coagulación-floculación, no son eficientes para la remoción de PPCPs de las aguas residuales municipales.

Zhang y Geißen, en el estudio realizado el año **2008** demostró que la adsorción con carbón activo granulado o en polvo, muestran gran eficacia en la remoción de trazas de contaminantes emergentes y en la adsorción de disruptores endocrinos, con eficiencias que son consecuentes al tiempo de contacto. “Para el caso del diclofenaco y la carbamazepina, tratados con

sistema de lodos activados los porcentajes de eficiencia son variables entre el 0-80% siendo más frecuente valores entre 21-40% y con remoción no superior al 10% para la carbamazepina, debido a la persistencia de la carbamazepina a bajas concentraciones, mientras el diclofenaco es más biodegradable bajo las mismas condiciones.”

Kümmerer en el 2009, plantea bioremediación utilizando lodos activos y reactores biológicos de ultrafiltración por membrana (MBR), se ha visto el trabajo eficiente de remoción en función de tiempos de retención (STR), y el desempeño de las bacterias nitrificantes en la degradación biológica. Experimentos de degradación biológica en el laboratorio evidencian que muchos antibióticos son recalcitrantes, esto sugiere que el tratamiento con bacterias usadas por la empresa estudiada es poco eficiente.

Cada tratamiento tiene sus propias características en lo que respecta a la eliminación de los contaminantes. Un manejo adecuado de las aguas residuales de un hospital necesita que los desechos líquidos de las áreas de pacientes bajo tratamiento de terapia de medicina, deben ir a tanques separados, ello evita la presencia de radionúclidos en todo el efluente. No es recomendable el tratamiento posterior con ARM, puesto que algunos componentes presentes en las aguas residuales hospitalarias pueden provocar la inhibición de la biomasa y así también se reduce la eficiencia del tratamiento. La IWA ha manifestado que los tratamientos fisicoquímicos, coagulación-floculación, no son eficientes para la remoción de PPCPs de las aguas residuales municipales. (Vieno, 2007)

La adsorción con carbón activado granulado o en polvo, presenta muy buenos resultados en la eliminación de trazas de contaminantes emergentes y en la adhesión de disruptores endocrinos, con eficiencias que van en relación con el tiempo de contacto. En algunos casos como es en el diclofenaco y la carbamazepina, tratados con sistema de lodos activados los resultados en porcentaje de eficiencia son variables entre el 0-80% obteniendo con más frecuentes valores entre 21-40% y con remoción inferior al 10% para la carbamazepina, debido a la persistencia de la carbamazepina a bajas

concentraciones, mientras el diclofenaco es un fármaco que se degrada con mayor facilidad bajo las mismas condiciones. (Zhang & Geißen, 2008)

León, 2015. En la descripción global del sistema de tratamiento de efluentes industriales ALIVAL S.A. Para el manejo de dichos efluentes se realizó un cultivo bacteriano adaptado, que requirió en estabilizar a un mínimo de 3 a 5 meses; el objetivo es innovar con tecnología biológica alternativa para la eliminación de grasas y material orgánico que se encuentran en las aguas residuales generada por la lacto-industria.

Los métodos del proceso biológico aplicado en la investigación, inicia con una muestra tomada en una industria láctea específica, de donde se separaron los microorganismos nativos presentes en ella. A continuación, se llevó a cabo un proceso de adaptación con medios modificados en diferentes proporciones, a base del efluente industrial directo; los microorganismos que mostraron una respuesta de crecimiento alta y que además poseían capacidad degradadora de las sustancias de interés, fueron escogidos e introducidos en diferentes biorreactores a los cuales se les añadió agua residual industrial modificada en diferente proporción. (León, 2015)

“El consorcio desarrollado debe estar constituido por los microorganismos seleccionados, mezclados en igual cantidad de células, encontrándose que a las 24 horas alcanza remoción de la sustancia de interés, superiores al 60%. Sin embargo, con el transcurso del tiempo es importante resaltar que la capacidad degradadora de los microorganismos continua, hasta alcanzar remociones hasta del orden del 90%”. (León, 2015).

La PTAR posee los siguientes componentes:

- “Rejilla de desbaste con su respectivo riel, caja de igualación, trampa de grasas, tanque para mezcla de insumos químicos, sedimentador 1, sedimentador 2, filtro de arena, espesador de lodos, tanque de 250 litros para preparación de químicos y bombas dosificadoras de insumos químicos.” (León, 2015).

La descripción de cada uno de los componentes contempla:

“Tanque de inspección e igualación. Cuenta con una cámara hecha de cemento con una capacidad de 2200 L, para un tiempo de retención de 1.5 horas, lapso en el cual se homogenizan las cargas, pH, caudales y temperaturas, las descargas que varían de los parámetros anteriormente mencionados es de 15 min/max”. (León, 2015)

Trampa de grasas. A base de fibra de vidrio, cuenta con una capacidad de 4000 L. y retiene 2.5 Horas. Instante en el que se realiza la remoción de grasas por flotación, también, a la entrada de esta unidad se aplicará una cepa bacteriana especializada en la remoción de grasas y materia orgánica “(cepa obtenida del aislamiento de una siembra de bacterias de aguas de lechería).” (León, 2015)

El método que se utiliza para atrapar las grasas, es uno de bombeo, en el cual se utilizan dos motobombas que impulsan las aguas residuales que van a ir al tratamiento fisicoquímico (tanque de mezcla y sedimentadores). “Cabe resaltar que el sistema de control de todos los equipos eléctricos es automático.” (León, 2015)

Para suministrar el coagulante-floculante. Se debe adicionar un promedio de 200 ppm de coagulante altamente catiónico y 15 ppm de floculante para ayudar que la sedimentación de flocs sea adecuada; “la aplicación de estos insumos se realiza por medio de dos bombas dosificadoras Milton Roy, tipo industrial de 2.5 GPH de capacidad.” (León, 2015)

Tanque de mezcla de químicos. Después de aplicados los insumos químicos se inicia el tratamiento secundario mediante la mezcla de éstos en un tanque plástico con capacidad de 2000 litros. En esta etapa se lleva a cabo la completa reacción del coagulante y el floculante y a su vez se inicia el proceso de remoción de sólidos por sedimentación. El tanque está provisto de un baffle interno de 10”. “El tiempo de retención de esta etapa es de 1.5 horas.” (León, 2015)

El equipo sedimentador No 1 y 2. Es un tipo cónico en donde se vierten los componentes químicos, además de poseer una capacidad de 2000 L, causa que el tiempo de remoción sea de 1.5 horas, “lapso suficiente para que ocurra el proceso de coagulación floculación y sedimentación; el agua clarificada sale por rebose hacia el punto de vertimiento final.” (León, 2015)

El aumento o disminución de pH captada por los sensores, activa la alarma del PTAR, condición que se tiene en cuenta principalmente ya que el objeto del éxito del sistema es la recomendable adaptación de la cepa aislada especializada que se empleara en las remociones de los agentes contaminantes. (Calpa y Lopez, 2008)

Los lodos deben ser estabilizados y deshidratados. La PTAR tiene en promedio un almacenamiento de lodos y grasas aproximadamente 300 Kg por mes. Se utiliza en el tratamiento de lodos resultantes un tanque cónico para garantizar la adecuada sedimentación; para la deshidratación del sobrenadante que se encuentran en válvulas de purga de agua a lo largo del mismo. (León, 2015)

Se adiciona cal en el inicio del tanque para una buena estabilización del material orgánico y a la par para la degradación de bacterias; así como el control de olores que se puedan generar. (León, 2015)

DECRETO SUPREMO Nº 003-2010-MINAM. Contempla en el numeral 32.1 del artículo 32º de la Ley General del Ambiente; Que queda definido el “Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio.” (D.S. Nº 003-2010-MINAM)

“Que, el numeral 33.4 del artículo 33º de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso”. (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Que, el literal d) del artículo 7º del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009- MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Que el artículo 14º del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019- 2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28º el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios, implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental”. (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118º de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11º de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; DECRETA: Artículo 1º.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)”. (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Artículo 2º.- Definiciones Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Límite Máximo Permisible (LMP). - Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Protocolo de Monitoreo. - Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Artículo 3º.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

“3.1. Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“3.2. Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“3.4. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Artículo 4º.- Programa de Monitoreo:

“4.1. Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“4.2. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“4.3. Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Artículo 5º.- Resultados de monitoreo:

“5.1. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“5.2. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Artículo 6º.- Fiscalización y Sanción: La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.”

“Agua para Bebida de animales: Entiéndase como aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, ovino, porcino, equino o

camélido, y para animales menores, como ganado caprino, cuyes, aves y conejos.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Monitoreo. Medición y evaluación periódica de parámetros físicos, químicos, biológicos y/o organolépticos de cuerpos de agua establecidos bajo criterios técnicos según el objetivo de la evaluación; con el fin de verificar el cumplimiento de los estándares establecidos para cada parámetro evaluado y/o identificar estados críticos de los mismos para, si es que fuere el caso, tomar las medidas precautorias y de mitigación necesarias para conservar la calidad del agua, así como también de esta manera, cumplir con las regulaciones legales para calidad del agua que emita tanto el Estado Peruano como el Banco Mundial.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Agua para riego de Vegetales de tallo bajo: Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo, que usualmente tienen un sistema radicular difuso o fibroso y poco profundo. Ejemplos: ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas y similares.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Ambiente. Conjunto de condiciones fisicoquímicas y biológicas que necesitan los organismos, incluido el ser humano, para vivir. Entre estas condiciones hay que tener en cuenta la temperatura, la cantidad de oxígeno de la atmósfera, la existencia o ausencia de agua, la disponibilidad de alimentos, la presencia de especies competidoras, etc.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Cuenca hidrográfica. Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, las cuales confluyen en un curso mayor, que a su vez, puede desembocar a un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar”. (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Agua para riego de Vegetales de tallo alto: Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, de porte arbustivo o arbóreo, que tienen una mayor longitud de tallo. Ejemplos: árboles forestales y árboles frutales, entre otros.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:

* A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

“Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con desinfección, de conformidad con la normativa vigente.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

* A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

“Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con tratamiento convencional, que puede estar conformado para los siguientes procesos: decantación, coagulación, floculación, sedimentación, y/o filtración, o métodos equivalentes; además de la desinfección de conformidad con lo señalado en la normativa vigente.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

* A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

“Entiéndase como aquellas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano que incluya tratamiento físico y químico avanzado como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o método equivalente; que sea establecido por el Sector competente.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Metodologías y Criterios para el Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua: Corresponde a la autoridad competente establecer el protocolo de monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua en coordinación con el MINAM y con la participación de los sectores a fin de estandarizar los procedimientos y metodologías para la aplicación de los ECA para Agua. Para el monitoreo de la calidad ambiental para agua, se considerarán los siguientes criterios sin ser excluyentes.” (D.S. N° 003-2010-MINAM)

“Metodologías estandarizadas para la toma de muestras, acondicionamiento y su transporte para el análisis.” (D.S. Nº 003-2010-MINAM)

“Metodologías estandarizadas para la ubicación de las estaciones de monitoreo y características de su ejecución como por ejemplo, su frecuencia.” (D.S. Nº 003-2010-MINAM)

“Metodologías de Análisis de Muestras o Ensayos estandarizados internacionalmente realizados por laboratorios acreditados.” (D.S. Nº 003-2010-MINAM)

“Homologación de Equipos para las Mediciones de Parámetros de lectura directa en Campo.” (D.S. Nº 003-2010-MINAM)

Plan de gestión ambiental: a consecuencia de un desarrollo sostenible para el medio ambiente, de la actividad de las industrias, se tiene en la actualidad el plan de gestión ambiental, es un documento que beneficia a las empresas a comprender qué pasos deben llevar a cabo para obtener un desarrollo sostenible de su actividad y reducir sus impactos negativos sobre el medio natural. El plan abarca los procedimientos y acciones que debe cumplir la organización y brinda las herramientas necesarias para realizar su actividad garantizando el logro de sus objetivos ambientales. (“¿Qué es un plan”, 2012)

DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno): “es un parámetro muy empleado para medir la contaminación orgánica en las aguas. Determina la capacidad del medio para descomponer la materia orgánica en un promedio de cinco días, de ahí que se hable de DBO₅. Es la cantidad en mg/litro de oxígeno que precisan las bacterias para descomponer las sustancias orgánicas en cinco días y a 20 grados centígrados.” (“Parámetros físico-químicos”, 2016)

DQO: “cantidad de oxidante energético (dicromato o permanganato) consumido en la oxidación de todas las sustancias reducidas presentes en

una muestra de agua, medido en condiciones estandarizadas. Se expresa en mg/litro de oxígeno equivalente a la cantidad de oxidante empleado; un valor de DQO elevado indica un agua con muchas sustancias oxidables (contaminación de la fuente).” (“Glosario, consejería”, 2016)

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL: es el documento en el que se expresa en forma detallada acciones establecidas que se necesitan para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los efectos o impactos ambientales negativos que se puedan estar ocasionando en la ejecución de una actividad, obra o proyecto. También contempla aquellos planes para el seguimiento evaluación y contingencia.

pH: es la medida cuantitativa de la acidez o alcalinidad de una solución, un suelo u otro medio. La escala abarca de 0 a 14, correspondiendo la neutralidad a un pH 7: el pH inferior a 7 indica acidez, y el superior a 7 alcalinidad. (Calpa y Lopez, 2008)

SÓLIDOS SUSPENDIDOS: “Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante. Incluyen los sólidos volátiles (materia orgánica).” (“Normas”, 2010)

TRATAMIENTO: “Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante las cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de los mismos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.” (Valencia, 2008)

TSP: “El término material particulado en suspensión, cubre un amplio espectro de sólidos o líquidos de tamaño muy pequeños, que pueden aparecer dispersos en el aire, provenientes de fuentes naturales o artificiales. Según pruebas realizadas las partículas con diámetro mayor de

10 μ son retenidas en la nariz y garganta; una cantidad muy pequeña llega a la tráquea o los bronquios. Las que tiene un tamaño entre 5 y 10 μ son retenidas en su mayor parte en la tráquea y los bronquios y no alcanzan los pulmones. Las partículas respirables son aquellas menores a 3.5 μ ; pueden ser tóxicas por si mismas o bien transportar moléculas de gases irritantes, permitiendo a estas alcanzar las áreas sensibles de los pulmones.” (Valencia, 2008)

TEMPERATURA: “La temperatura es una propiedad física que hace referencia a las nociones comunes de frío o calor. El fundamento se basa en que, es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula. La temperatura está relacionada con la energía interna y con la entalpía de un sistema: a mayor temperatura mayor será la energía interna y la entalpía del sistema.” (“Temperatura”, 2016)

MUESTRAS COMPUESTAS: “Se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.” (Rodier, 1981)

Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, tomar muestras

compuestas que representen el periodo durante el cual ocurren tales descargas.

1.1. Problema de investigación

Los hospitales consumen importantes volúmenes de agua por día, generando otro similar de agua residual con microorganismos patógenos, medicamentos metabolizados o no, compuestos tóxicos, etc. que se disponen tratadas o no al agua, afectando su calidad y poniendo en riesgo la salud (Caridad, 2008)

La contaminación de los ecosistemas acuáticos naturales por las aguas residuales de origen hospitalario es uno de los temas de mayor atención ambiental y para la salud humana desde hace algunos años. Diversos investigadores reportan que estas aguas residuales representan un problema en cuanto a su eliminación, debido al peligro latente de elevadas concentraciones de microorganismos y/o virus (enterobacterias, coliformes fecales, entre otros), algunos de los cuales pueden haber adquirido multi-resistencia antibiótica, también pueden estar presentes: solventes y metales pesados. (Caridad, 2008).

Los centros de atención en salud, especialmente los hospitales, constituyen importantes puntos de origen de descargas de antibióticos hacia el ambiente, produciendo un fuerte impacto en la composición física, química y biológica de los cuerpos receptores (Tzoc et al., 2004).

“Las aguas residuales hospitalarias se consideran como una de las principales fuentes de contaminantes emergentes, resultado de las diferentes actividades que allí se realizan y la excreción de las sustancias por los pacientes. Estudios han demostrado que estos componentes no son fácilmente removidos por medio de procesos de tratamiento convencionales como las plantas de tratamiento que emplean procesos biológicos.” (Grisales et al., 2012)

Los problemas asociados a los líquidos residuales generados en centros de salud han sido motivo de preocupación internacional debido al peligro de una potencial propagación de enfermedades y a los riesgos ambientales derivados de la ausencia de tratamientos adecuados. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico-sanitario e involucran aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales, entre otros (Ferreira et al., 2000).

Formulación del problema

¿Cuáles son los parámetros de calidad que determinan el plan de gestión de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca - 2015?

1.2. Hipótesis:

El Análisis de los parámetros físico - químicos y microbiológicos permite el desarrollo de un plan de Gestión de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca, en relación al DS N° 003 – 2010 – MINAM

1.3. Objetivos de Investigación

Objetivo general: Proponer un plan de Gestión para las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca - 2015.

Objetivos específicos:

- Analizar las muestras de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca.
- Determinar los parámetros físico - químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca – 2015.
- Comparar los resultados físico - químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca de acuerdo al DS 003 – 2010 MINAM.
- Elaborar un Plan de Gestión de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Variables

VD: Plan de Gestión de Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca.

VI: Análisis de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca.

2.2. Operacionalización de variables:

Definición conceptual

VI: Análisis de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca. Análisis: es el acto de separar las partes de un elemento para estudiar su naturaleza, su función y o su significado. Aguas residuales: designa a aquel tipo de agua que se halla contaminada especialmente. Aguas residuales hospitalarias: se consideran una de las principales fuentes de contaminantes emergentes, resultado de las diferentes actividades que allí se realizan y la excreción de las sustancias por los pacientes. Concentración de Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, pH, Sólidos Totales en Suspensión y Temperatura, que pueden causar daño a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

VD: Plan de Gestión de Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca. Plan de gestión: es aquel que concreta las decisiones estratégicas en planes operativos para cada área, desarrollándose básicamente a corto plazo. Parámetros, unidades y valores establecidos por el estado peruano, en el DS N° 003 - 2010 – MINAM

Definición operacional

VI: Análisis de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca. Parámetros, unidades y valores que determinan la calidad del agua, inocua para el hombre, plantas y los animales

VD: Plan de Gestión de Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca. Parámetros, unidades y valores que se obtendrán producto del análisis de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca.

Indicadores

VI: Análisis de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca: Revisión de los Parámetros físico - químicos y microbiológicos.

VD: Plan de Gestión de Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca: Toma de muestras y análisis de agua para obtener los valores de los parámetros.

Escalas de medición

Escala cuantitativa de razón.

2.3. Metodología:

Se utiliza un método descriptivo.

2.4. Tipo del estudio.

Descriptivo, ya que indica o describe características físicas, químicas y biológicas de un área de interés.

2.5. Diseño de investigación:

No experimental - longitudinal de tendencia, por qué se van a observar cambios antropogénicos en la naturaleza, para luego ser analizados y plantear una solución que mitigue sus efectos.

2.6. Población y muestra

Población: Está determinada por las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca, provenientes de los 12 departamentos que este presta durante las 24 horas del día.

Muestra: No probabilística: definida por los investigadores. La toma de muestra se realizó entre los meses de enero y febrero del 2016 (con fechas intermedias en cada mes). El lugar de extracción fue la red colectora de alcantarillado del Hospital Regional de Cajamarca ubicada en el sector Mollepampa donde se vierten aguas residuales correspondientes a los 12 departamentos con los que cuenta dicho centro.

Unidad de análisis: Aguas residuales de cada uno de los departamentos que brinda el Hospital Regional de Cajamarca.

Criterios de Inclusión: El vertimiento de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca colecta aguas de los distintos departamentos que son desechadas directamente a la red de alcantarillado, acarreando con ello productos contaminantes (sangre, vacunas, fármacos, desechos orgánicos, detergentes, etc.), que alteran considerablemente la calidad del cuerpo de agua.

Criterios de exclusión: La toma de muestra se realizará en la salida de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca, ya que si se tomaran aguas arriba o aguas abajo diferentes factores influirán en el análisis de los resultados.

Del Decreto Supremo 003 – 2010 MINAM. Se excluirá el parámetro de aceites y grasas ya que el laboratorio no cuenta con el equipamiento necesario, para el análisis de este parámetro.

2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

El agua residual se obtuvo del último tramo del desagüe del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca, mismo que cuenta con alrededor de

162 camas, cerca de 4279 personas que son atendidas mensualmente en promedio y 501 trabajadores.

El sitio de toma de las muestras correspondió al sistema de aguas residuales final que conducen al colector principal de la red de alcantarillado municipal; dichas aguas provienen de los Departamentos de Medicina, Cirugía, Pediatría, Gineco – Obstetricia, Odonto – Estomatología, Enfermería, Emergencia y Cuidados Críticos, Centro Quirúrgico, Medicina Física y Rehabilitación, Patología Clínica de Anatomía Patológica, Diagnóstico por Imágenes y Apoyo al Tratamiento. Se realizaron pruebas estandarizadas por parte del Laboratorio de Agua del Gobierno Regional de Cajamarca y se contó con fichas de Cadena de Custodia, donde se registró punto de muestreo, día del muestreo, hora del muestreo, número de muestras, tipo de muestra, temperatura in situ, parámetros a evaluar, nombre de quien muestrea y nombre del solicitante.

Debido a la variabilidad en la composición, caudal y concentración del agua residual durante las distintas horas del día, se utilizaron muestras compuestas. Tomando 3 muestras sucesivas de 3 litros cada una, extraídas con intervalos no superiores a cinco horas (08, 13 y 18 horas del día) que fueron mezcladas posteriormente, que constituye la franja horaria de mayor actividad del Hospital. El resultante de la toma de muestras (9 litros), se homogeneizó y se dispuso en los embaces adecuados para su transporte y análisis en laboratorio. Los muestreos se realizaron un día por semana, del 14 de enero al 04 de febrero del 2016.

Cada muestra se mantuvo en baldes de plástico de polietileno y se conservaron según los métodos descritos en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Los Recursos Hídricos – ANA – DGCRH (Muestras Compuestas de Aguas Residuales) y con esto se garantizó que la muestra se encuentre en condiciones óptimas. Su envío correspondiente en cadena de frío hacia el laboratorio certificado de Agua del Gobierno Regional de Cajamarca.

Durante el muestreo se tomó en primer lugar el volumen destinado al análisis microbiológico (volúmenes de 250ml), después en botellones (1 litro y ½ litro) se tomaron las alícuotas en tres momentos destinadas a las determinaciones físico-químicas y microbiológicas, constituyendo una muestra compuesta evitando posibles contaminaciones.

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos considerados están determinados por el DS N° 003 – 2010 MINAM, referente a los LMP para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

2.8. Métodos de análisis de datos

Por las características del estudio, no se adecua a ningún diseño estadístico, por lo que los resultados se analizaron en base a promedios, tablas y gráficas.

2.9. Aspectos éticos:

Desafortunadamente, los grandes logros que se han tenido en el área de la salud no han sido encaminados a la conservación del medio ambiente, por lo cual éste se ha seguido degradando. Hoy día se depositan grandes cantidades de residuos sólidos, líquidos y hasta elementos radiactivos al medio ambiente sin un eficiente tratamiento, esto constituye un potencial de propagación de enfermedades y riesgos ambientales. Es por ello que estos problemas trascienden el campo técnico sanitario e involucran aspectos educativos, sociales, económicos, políticos y ambientales.

III. RESULTADOS

Cuadro 01. Valores de la caracterización físico química y biológica reportados por el Laboratorio Regional del Agua del agua residual del Hospital Regional de Cajamarca en diferentes fechas de muestreos.

PARÁMETRO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	UNIDAD
Fecha	14/01/2016	20/01/2016	28/01/2016	04/02/2016	
Hora	Rango comprendido entre las 7:30 am - las 18:30 pm				
Coliformes Termotolerantes	1700000	1100000	2200000	4500000	NMP/100 mL
Demanda Bioquímica de Oxígeno	181	206	215	236	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	473	422	554	567	mg/L
pH	6.22	6.74	7.34	6.54	Unidad
Sólidos en suspensión	75	113	112	118	mL/L
Temperatura	24.1	24.5	24.8	24.5	°C

Cuadro 02. Coliformes Termotolerantes

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10000	1700000	1100000	2200000	4500000

El valor que arrojó el ensayo para Coliformes Termotolerantes, muestra un elevado incremento con respecto al Límite Máximo Permisible. En la Figura 01, se puede observar claramente como las muestras extraídas, en fechas distintas de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca superan el LMP.

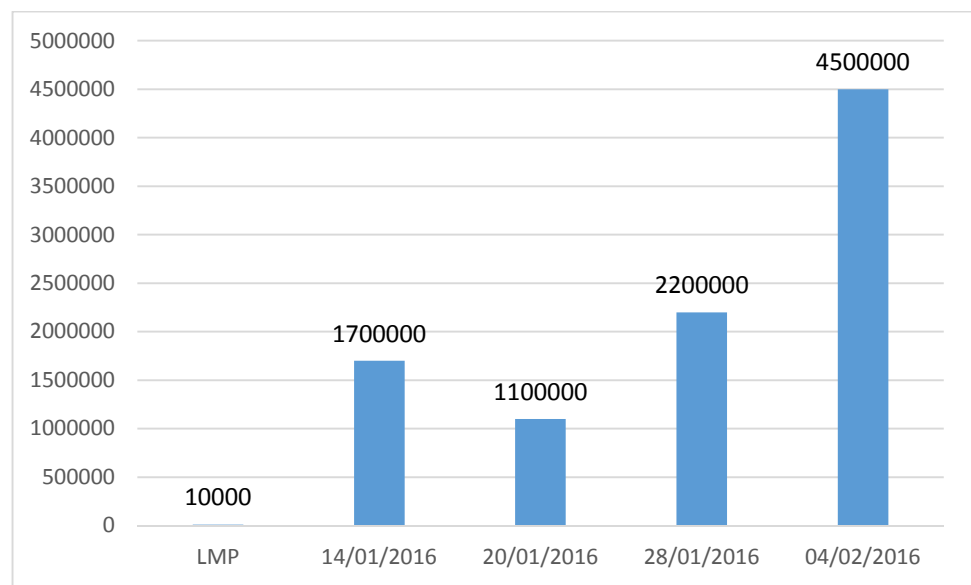


Figura 01 Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca, en diferentes fechas de muestreos.

Cuadro 03. Demanda Bioquímica de Oxígeno

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100	181	206	215	236

El valor que arrojó el ensayo para Demanda Bioquímica de Oxígeno, supera los Límites Máximos Permisibles. Se aprecia en la Figura 02 que el parámetro de DBO₅ tuvo valores promedio de 209.5 (181 - 236) mg/L.

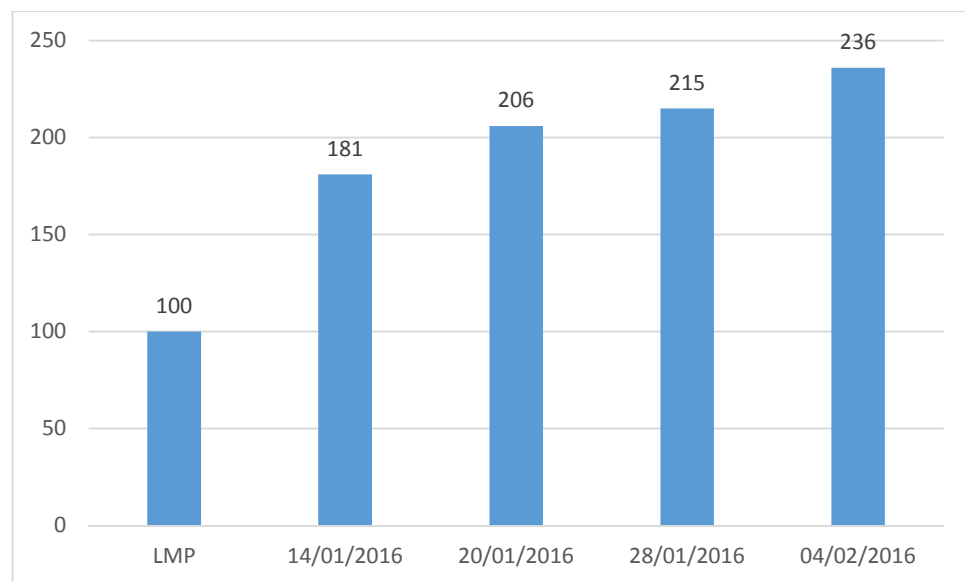


Figura 02 Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca en diferentes fechas de muestreos.

Cuadro 04. Demanda Química de Oxígeno

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	473	422	554	576

Los valores obtenidos en el ensayo para la Demanda Química de Oxígeno, muestra un elevado incremento con respecto al Límite Máximo Permisible. En la Figura 03, se puede observar claramente como el parámetro de DQO tuvo valores promedio de 504 (422 - 567) mg/L de las muestras extraídas, en fechas distintas de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca.

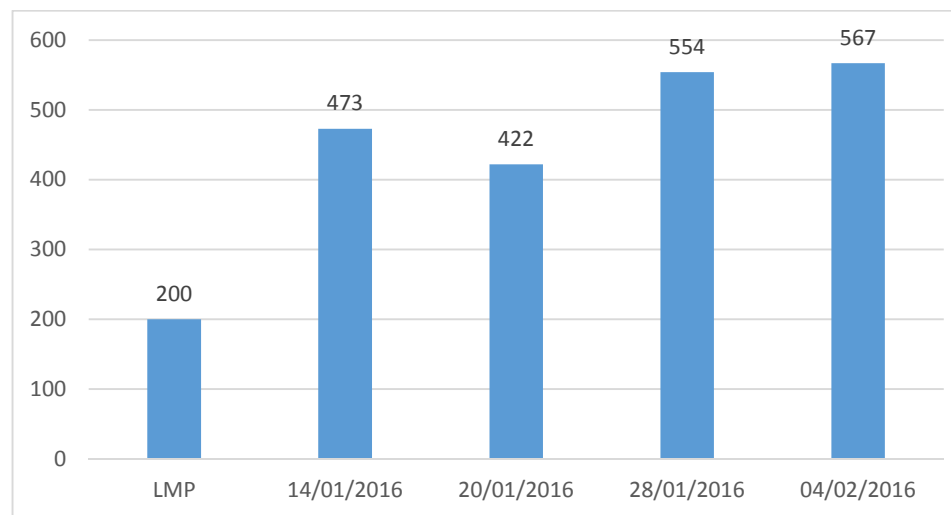


Figura 03 Valores de Demanda Química de Oxígeno (mg/L) del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca en diferentes fechas de muestreos.

Cuadro 05. pH

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
pH	unidad	7.5	6.22	6.74	7.34	6.54

El cuadro 05 y la Figura 04, muestran los valores obtenidos en el ensayo para pH a 25°C, donde se puede observar que las muestras extraídas, en fechas distintas de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca están dentro del Límite Máximo Permisible establecido en el DS N° 003 - 2010 – MINAM.

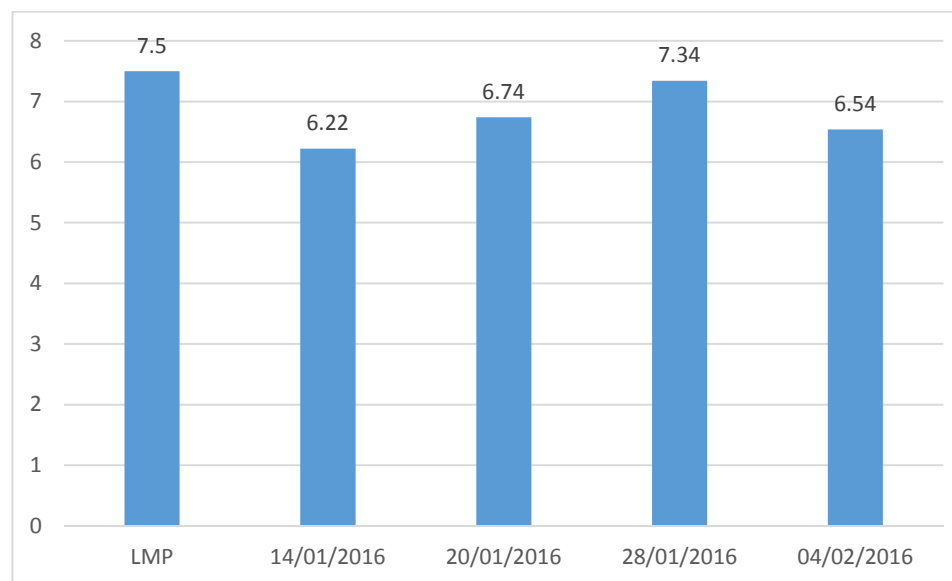


Figura 04 Valores de pH del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca en diferentes fechas de muestreos.

Cuadro 06. LMP para Sólidos en Suspensión

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Sólidos en suspensión	mg/L	150	75	113	112	118

El valor que arrojó el ensayo para Sólidos en suspensión, muestra valores que se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles. En la Figura 05, se puede observar claramente como las muestras extraídas, en fechas distintas de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca están por debajo del LMP.

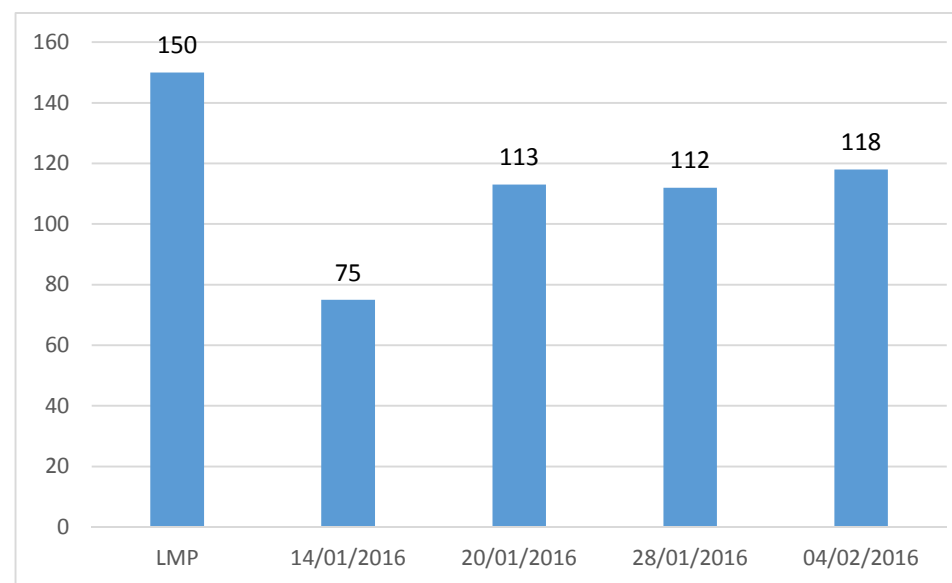


Figura 05 Valores de Sólidos en Suspensión (mg/L) del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca en diferentes fechas de muestreos.

Cuadro 07. LMP para Temperatura

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Temperatura	°C	< 35	24.1	24.5	24.8	24.5

La temperatura de las muestras extraídas de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca se encuentra dentro de los LMP que establece la normativa peruana vigente., tal como muestra el Cuadro 07 y la Figura 06.

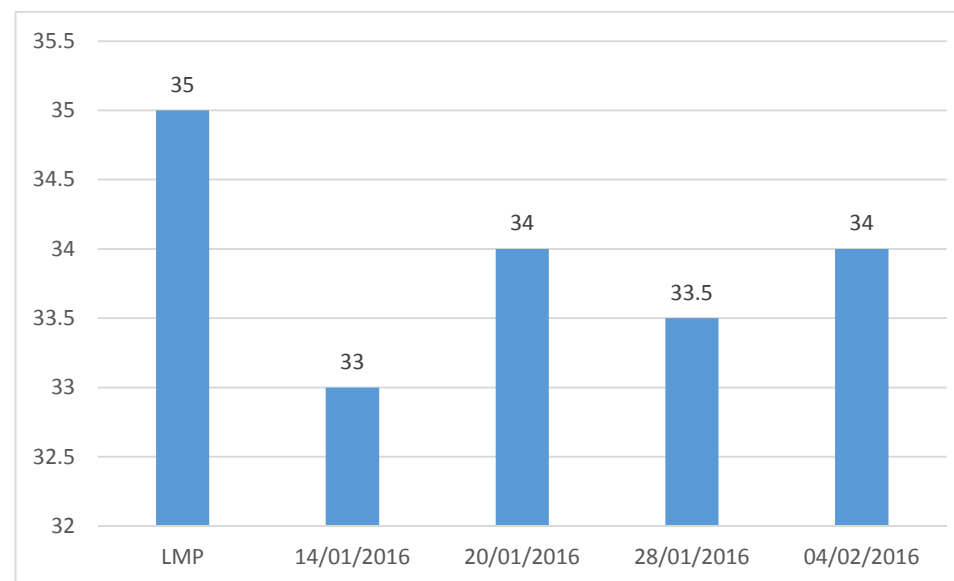


Figura 06 Valores de Temperatura (°C) del Hospital Regional de la Ciudad de Cajamarca en diferentes fechas de muestreos.

IV. DISCUSIÓN

La caracterización química y microbiológica de las aguas residuales hospitalarias, es una de las etapas iniciales en los procesos de gestión, para emprender las acciones que impidan su vertimiento inadecuado al medio ambiente. Al analizar las muestras de aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca se pudo observar que algunos parámetros exceden los Límites Máximos Permisibles tales como Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

El promedio de Coliformes Termotolerantes en las cuatro semanas que se muestrearon las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca es de 2375000 NMP/100 mL valor que excede en un 23750% el Límite Máximo Permissible que contempla el DS N° 003 – 2010 – MINAM, pero que está por debajo de los resultados obtenidos por Caridad Ramos el 2008 en el Hospital de la Ciudad de la Habana de 7000000 NMP/100 mL, resultados que hay que tomar en cuenta como infiere Moratta el 2014 y Caridad el 2008, ya que al verter efluentes hospitalarios al sistema cloacal municipal, las bacterias, patógenas o no que sean resistentes a desinfectantes (glutaraldehído, hipoclorito de sodio) y antisépticos (alcoholes, tintura de yodo, povidona yodada, clorhexidina, triclosan) , pueden producir una alteración en el balance biológico del ecosistema aumentando la proporción de bacterias resistentes en aguas tratadas, cuya actividad tóxica, mutagénica y genotóxica dependerá de interacciones sinérgicas y antagónicas entre sus componentes y entre estos y el ambiente.

El parámetro DBO_5 de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca, excede la normativa vigente de 100 mg/L con valores de 209.5 en promedio (181 - 236) mg/L, así también, lo indican: Arias y Escudero en el 2011, donde el análisis de DBO_5 , tanto para efluentes de hospitales, como para aguas residuales municipales, cuando los valores promedio son 160 g DBO_5 , que representa el 60% superior a los valores de las aguas residuales municipales cuyos valores son: 60 g DBO_5 . Esto evidencia que no existe un tratamiento previo de estas aguas al ser vertidas en la alcantarilla pública

puesto que salen con una alta contaminación de las instalaciones hospitalarias.

Para el DQO se obtuvieron valores de 504 (422-567) mg/L cifra que va por encima del valor reportado como LMP el cual es de 200 mg/L. La medida de la DBO₅ da como resultado la cantidad de materia orgánica biodegradable que contiene el agua de estudio, mientras que la DQO muestra la cantidad de materia orgánica no biodegradable en esta misma muestra.

Por otra parte, la relación DQO y DBO₅ (DBO₅/DQO) aportó un valor de 2.41 lo que evidencia un vertido eminentemente orgánico y biodegradable (Perrodin et al., 2012), debido posiblemente a todos los desechos del hospital que son vertidos en las aguas residuales. Con esta relación (DBO₅/DQO) indica Cisterna, que se trata de un efluente o compuesto biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos como fangos activos o lechos bacterianos.

El pH representa el potencial de hidrógeno de una solución y este tuvo valores promedio de 6.71, comportándose como tendientes hacia la acidez, pero dentro de los valores reportados como normales por la norma peruana (6.5 – 8.5).

El promedio de la temperatura registrada durante el período de la toma de muestras fue de 33.63°C (33.5 - 34), por debajo de 35°C que es lo que indica LMP establecido en la regulación peruana.

V. CONCLUSIONES

Durante todo este trabajo se ha podido observar que de acuerdo a los valores obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca, existe una elevada contaminación de estas aguas, ya que superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS 003 – 2010 – MINAM.

Como podemos observar en el cuadro 02 **Coliformes Termotolerantes**, un elevado incremento con respecto a los Límites Máximos Permisibles, teniendo en cuenta que las muestras extraídas se las tomo en fechas distintas. En el cuadro 03 **Demanda Bioquímica de Oxígeno**, supera los Límites Máximos Permisibles obteniendo valores promedio de 209.5 (181 - 236) mg/L de las muestras extraídas. Los resultados obtenidos en el cuadro 04 **Demanda Química de Oxígeno** se puede observar un elevado incremento con respecto al Límite Máximo Permisible obteniendo valores promedio de 504 (422 – 567).

Al analizar las muestras de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca y con la obtención de resultados de cada uno de los parámetros de acuerdo al DS – 003 – 2010 - MINAM concluimos, que es necesario que se ejecute en el más breve plazo un Plan de Gestión Ambiental con la finalidad de disminuir el elevado incremento de los parámetros antes mencionados con respecto a los Límites Máximos Permisibles como establece la norma, teniendo en cuenta que el Hospital Regional de la Provincia de Cajamarca ha sido recategorizado como un Hospital Regional de Categoría III.1

Al analizar las muestras de las aguas residuales del hospital regional de Cajamarca se concluye que estas no cumplen con los Límites Máximos Permisibles que establece la norma.

Determinamos que los parámetros físicos, químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca – 2015, se encuentran alterados.

Al comparar los resultados físicos, químicos y Microbiológicos de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca con el DS N° 003 – 2010 MINAM, concluimos que los parámetros de DBO₅, DQO y Coliformes termotolerantes superan ampliamente lo establecido en la norma.

Es necesario elaborar un Plan de Gestión de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca, en corto plazo.

VI. RECOMENDACIONES

Con la propuesta que se está planteando en este trabajo de elaborar un **Plan de Gestión Ambiental**, es necesario, analizar las muestras de las aguas residuales, determinar los parámetros físico – químicos y microbiológicos y comparar los resultados físico – químicos y microbiológicos se busca no solo mejorar en el manejo de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca, contribuyendo a la minimización, recolección y tratamientos diferenciados, acorde a su volumen, características y composición, así como a su eficiencia y costos.

PLAN DE GESTIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL HOSPITAL REGIONAL DE CAJAMARCA

MISIÓN

Como autores de este Plan de gestión proponemos, la creatividad, el trabajo en equipo y el respeto por el Medio Ambiente con la finalidad de tener una mejor calidad de vida.

VISIÓN

Lograr un adecuado y correcto manejo de las aguas residuales mediante prácticas generales y específicas para el manejo de todos los residuos líquidos generados como consecuencia de las actividades realizadas en el Hospital Regional de Cajamarca.

INTRODUCCIÓN

Por lo general, las aguas residuales de los hospitales de cualquier lugar del mundo pueden contener trozos de todo tipo de sustancias, desde virus y bacterias multirresistentes hasta medios de contraste y fármacos para el tratamiento del

cáncer. En la mezcla de sustancias que pasa desde los pacientes al sistema de alcantarillado público a través de los aseos del hospital también puede haber pequeñas cantidades de disruptores endocrinos y otros residuos de fármacos, el Hospital Regional de Cajamarca por estar categorizado como un Hospital Regional de Categoría III.1 necesita estar en cumplimiento con la normativa nacional vigente.

El Plan de Manejo de Aguas Residuales se basa en la incorporación de prácticas generales y específicas para el manejo de todos los residuos líquidos generados como consecuencia de las actividades;

Describirá los procedimientos que se usarán para minimizar, manejar, almacenar y disponer los residuos líquidos generados durante las actividades. Para tal efecto se han tomado en cuenta las pautas que recomienda la normativa vigente en el manejo de aguas residuales.

El Plan de Manejo de las Aguas Residuales del Hospital Regional de Cajamarca se plantea con la finalidad de lograr un adecuado y correcto manejo de las aguas residuales producto de los departamentos que funcionan en dicho Hospital.

ALCANCE

- El presente Plan de Gestión de Aguas Residuales es aplicado a las aguas del desagüe del Hospital Regional de Cajamarca.

MARCO LEGAL

- DS N° – 003 – 2010 – MINAM.

OBJETIVO

Realizar un adecuado manejo y gestión de las aguas Residuales generadas derivadas de los 12 departamentos del Hospital Regional de Cajamarca.

Código de la ficha – 1 – 001	
Plan	Gestión de aguas residuales Hospitalarias
Tipo de medida	Mitigación
<i>Objetivo general</i> Reducir la carga de los parámetros (DBO ₅ , DQO y Coliformes termotolerantes) de las aguas residuales provenientes de los 12 departamentos del Hospital regional de Cajamarca.	
<i>Objetivos específicos</i> <ul style="list-style-type: none">• Reducir las alteraciones de las condiciones fisicoquímicas de las aguas de vertimiento y el flujo hidráulico de los sistemas de alcantarillado.• Evitar la contaminación del sistema de alcantarillado por vertimiento de aguas de mala calidad.	
<i>Descripción de la medida</i> El Decreto Supremo N° 003 – 2010 - MINAM establece una reducción obligatoria de la carga hídrica contaminante proveniente de los procesos hospitalarios, en este orden de ideas, se contempla el diseño e implementación de un tratamiento que permita cumplir con este requisito. Así mismo, se tratarán las aguas provenientes de los 12 departamentos que prestan servicio en el Hospital regional de Cajamarca en cuenta el análisis realizado de dichas aguas residuales.	
<i>Momento de ejecución:</i> Elaboración y Funcionamiento del Plan de Gestión	
<i>Compatibilidad con otros Planes de Gestión</i> <ul style="list-style-type: none">• Tratamiento y disposición de las aguas residuales.	
<i>Impactos atendidos</i> <ul style="list-style-type: none">• Cambios en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de vertimiento.• Afectación dinámica del sistema de alcantarillado receptor de aguas	

residuales.	
<p><i>Acciones a implementar</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales para definir el tipo de tratamiento. • Diseño y construcción de un sistema de tratamiento que permita cumplir con la normatividad vigente. • Establecer registros y cronogramas para toma de muestras que permitan determinar la efectividad del sistema en el tiempo de funcionamiento. • Capacitar al Personal para realizar el mantenimiento a los sistemas de tratamiento para garantizar su funcionamiento. 	
<p><i>Metodología</i></p> <p>Tratamiento del agua proveniente de la cámara de rejillas y desarenador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se implementará un Reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA) para el tratamiento secundario de las aguas residuales del Hospital Regional de Cajamarca. • Ver diseño en el Cuadro 8. <p>Mantenimiento de los sistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar periódicamente el correcto funcionamiento del sistema a través de chequeo visual. • Realizar muestreos anuales para demostrar al ente ambiental competente, el cumplimiento de la normatividad en materia de vertimientos. • Realizar mantenimiento periódico a los sistemas que componen la planta de tratamiento de aguas residuales, con el fin de garantizar su funcionamiento. 	
Responsabilidad de ejecución:	Hospital Regional de Cajamarca.
Tiempo de duración:	Vida útil del RAFA.
Indicadores de evaluación:	Porcentaje de remoción de carga contaminante.
Costo de la medida a implementar:	<p>Costo de inversión: US\$ 125,000.</p> <p>Costo de operación y mantenimiento: US\$ 18,750 por año.</p> <p>Costo de tratamiento: US\$ 0.18 por m³.</p>

Cuadro 8. Principales parámetros de diseño empleados para Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente.

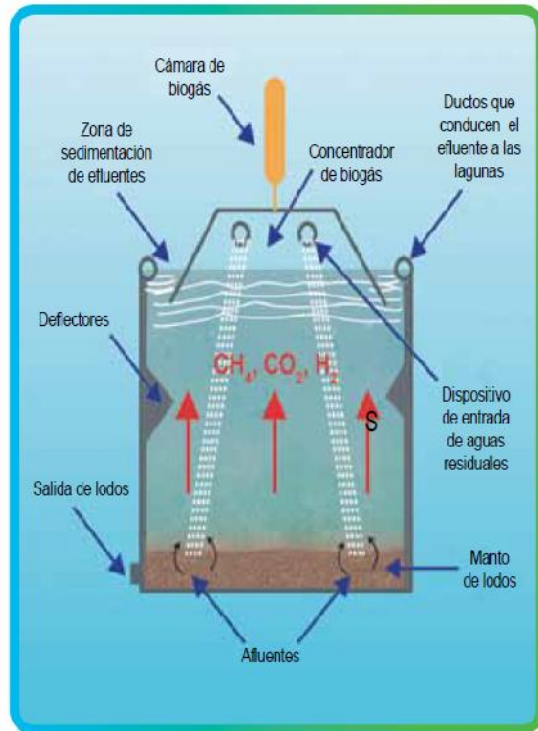
Criterios	Para Flujo Promedio
Carga volumétrica hidráulica	<4.0 m ³ /m ² . d
Tiempo de detención hidráulica.	6.0 - 9.0 h
Velocidad ascendente.	0.5 - 0.7 m/h
Tasa de sobreflujo en la zona del Clarificador.	14.4 - 19.2 m ³ /m ² . d
Tiempo de detención hidráulica en la zona del clarificador	1.5 - 2.0 h
Producción de sólidos.	0.1 - 0.2 kg. TSS/kg. Infl. COD
Concentración en exceso de lodo.	2.0 - 5.0 por ciento
Peso específico del lodo.	1020 - 1040 kg. SST/m ³

Cuadro 9. Ventajas y desventajas del RAFA

REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)	
Ventajas	Desventajas
El RAFA es un proceso de tratamiento continuo, con cortos periodos de retención que puede sustituir a la unidad de sedimentación primaria por lo que su afluente es el agua que sale de las operaciones de pretratamiento mediante rejillas y desarenador.	Existe mayor dificultad en el arranque del reactor, siendo necesario inoculación de bacterias anaerobias (Grupo I: Bacterias hidrolíticas, Grupo I: Bacterias Fermentativas, Grupo II: Bacterias Acetogénicas y Grupo III: Bacterias Metanogénicas) (Anexo 12) y control operacional especializado.
Permite el tratamiento de aguas con alta concentración de materia orgánica, reduciendo así el tamaño de Cualquier unidad que conforme el sistema posterior de tratamiento, tales	Es un proceso anaerobio muy sensible a cambios bruscos de carga orgánica y temperatura. Por tanto, no se recomienda en lugares con climas fríos extremos.

como lagunas, biofiltros, sistemas. aireados y pos tratamiento que se adicionen para realizar la remoción de organismos patógenos.	
Bajo condiciones topográficas favorables, no requiere energía para su operación, pues el flujo de agua puede darse por gravedad.	La remoción de organismos patógenos es muy limitada, a menos que se complemente con lagunas de pulimento.
Produce gas metano, que puede ser utilizado como fuente de energía para el alumbrado de la planta e incluso para calentar el propio reactor y favorecer la eficiencia del proceso de digestión anaerobia.	Requiere siempre de un tratamiento posterior, ya que el proceso transforma el nitrógeno orgánico en amoníaco, que es tóxico y su eficiencia apenas remueve la DBO ₅ en un 55%.
La extracción de lodos es por presión de los mismos lodos y gases, facilitando su manejo.	No se recomienda para aguas con baja concentración de materia orgánica o aguas diluidas por lluvias.
	No se recomienda en zonas intraurbanas, debido a que puede causar molestias en la población por olores desagradables.

Gráfico 1. Principio del sistema RAFA



VII. REFERENCIAS

7.1. Bibliografía

Boxall A. & Breton R. (2003). Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Regulatory drivers and research needs. *QSAR Combinat Sci*, volumen (22), pp. 212 – 221.

Buser H. R. & Muller M. D. (1998). Occurrence of the pharmaceutical drug clofibric acid and the herbicide mecoprop in various swiss lakes and in the North Sea. *Env Sci Techn*, volumen (32), pp. 188 – 192.

Calpa J. & Lopez D. (2008). Formulación del plan de manejo ambiental para la planta de acopio alimentos del valle “Alival S.A.” pasto – Nariño. pp.

Caridad Ramos A. (2008). Aguas residuales generadas en hospitales. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, volumen (xxix, N°. 2), pp. 56 – 59.

Cisterna P, (Sin fecha). Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región. Universidad Tec. Fed. Sta María.

DS N° 003 – 2010 – MINAM

Emmanuel E., Perrodin Y., Keck G., Blanchard J. M. & Vermande P. (2002). Effects of hospital wastewater on urban wastewater, *Memorias XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Cancún, México.

Ferreira A. M., Moschem A., Olinto M. L., Nascimento M.M., da Silva O. M., Genro M.J., de Almeida M.M. & Raya M.T. (2000) Gestão de efluentes de servi?os de saúde em Porto Alegre. *Anais XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Pôrto Alegre, Brasil.

- Grinales D., Ortega J. & Rodriguez T. (2012). Remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono. *DYNA*, volumen (79 N° 173), pp. 1 – 6.
- Heberer T. & Stan H. J. (1997). Determination of clofibric acid and N-(phenylsulfonyl) - sarcosine in sewage, river, and drinking water, *Int J Env Anal Chem*, volumen (67), pp.113-124.
- Hignite C. & Azarnoff D. L. (1977). Drugs and drugs metabolites as environmental contaminants: Chlorophenoxyisobutyrate and Salicylic acid in sewage water effluent. *Life Sci*, volumen (20), pp. 337-341.
- Kümmerer K. (2001). Drugs in the environment emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants in wastewater by hospitals in relation to other sources, volumen (45), pp. 6-7, 957-969.
- Kümmerer, K. Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part II. 2009. *Chemosphere*. 75 435–441.
- Monge A. O., Almendariz T. F., Acebedo F. E., Certucha B. M. & Valenzuela G. J. (2007). Identificación de microorganismos presentes en los afluentes mineros contaminados con metales pesados. Taller de salud ambiental global. *Centro binacional Estados Unidos-México para ciencias ambientales y toxicología*. Tucson, Arizona.
- Montague P. (2006). Drugs in the Water. *Rachel's Env. Health Weekly*, volumen (614), pp.15 - 22.
- Moreno E. L., Leal M. T., Castillo E. & Galicia M. A. (2012). Características de las aguas residuales de un hospital en la ciudad de Xalapa Veracruz. *XXII Congreso Nacional de Hidráulica Acapulco*, Guerrero, México.
- Nuñez L. & Moretton J. (2006). Perfil microbiológico y resistencia bacteriana a desinfectantes en aguas residuales de hospital, *Higiene y Sanidad Ambiental*, volumen (6), pp. 197 – 201.

- Quesada I., Jáuregui U. J., Wilhelm A. M. & Delmas H. (2009). Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, volumen (40 N° 3), pp. 173 – 178.
- Raloff J. (1998). Drugged Waters. *Sci News*, volumen (153), pp. 187 - 189.
- Ramos, C. (2008). Aguas residuales generadas en hospitales. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. 25(2):56-60.
- Rivera J. A. & Cedillo L. (2005). Evaluación de la resistencia a antibióticos en enterobacterias aisladas de aguas contaminadas. *Rev Biomed*, volumen (16), pp. 151 – 152.
- Rodier J. 1981. Analisis de aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega. Barcelona.
- Suárez S., Lema J.M. & Omil F. (2008). Pre-treatment of hospital wastewater by coagulation-flocculation and flotation. *Bioresource Technology*, volumen (100), pp. 2138 - 2146.
- Tzoc E., Arias M. L. & Valiente C. (2004). Efecto de las aguas residuales hospitalarias sobre los patrones de resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Aeromonas sp.* *Rev Biomed*, volumen (15, N°. 3), pp. 165 – 172.
- Valencia C. (2008). Levantamiento de información procedimiento: gestión integral de residuos peligrosos en los laboratorios. Versión 00. pp. 01. CÓDIGO: M-PR-10.XXX.004
- Vieno, N. T. Elimination of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Finland. 2007. *Water Res.* 41, 1001–1012.
- Zuccato E., Castiglioni S. & Fanelli R. (2005). Identification of the pharmaceuticals for human use contaminating the Italian aquatic environment. *J Hazard Mat*, volumen (122), pp. 205 – 209.

7.2. Linkcografia

Gonzalez E. (2011, 6 de agosto). Aguas residuales de centros médicos. La Nación Opinión, recuperado de http://www.nacion.com/opinion/foros/Aguas-residuales-centros-medicos_0_1212078844.html

¿Qué es un plan de gestión ambiental? (2012, 24 de febrero). Twenergy.com. recuperado de <http://twenergy.com/a/que-es-un-plan-de-gestion-ambiental-498>

Parámetros físico-químicos. (2016). Parámetros que miden la materia orgánica. Navarra .es. recuperado de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/ParametrosMateriaOrganica.htm

Normas. (10 de junio del 2010). Xtrellitas.com. recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bRdh_gMDpAJ:xtrellita.crearblog.com/collections/reebok/+&cd=9&hl=es&ct=clnk&gl=pe

“Temperatura”. (s.f.). Ecured.cu. recuperado de <http://www.ecured.cu/Temperatura>

ANEXOS

Anexo 1.

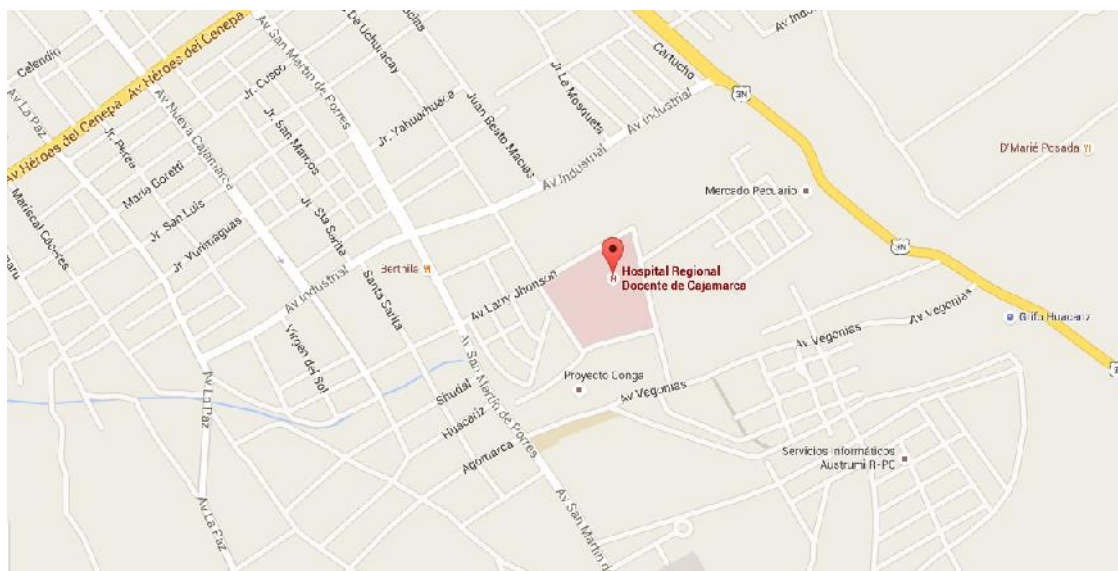
Fachada del Hospital Regional de Cajamarca.



Fuente: Google maps.

Anexo 2

Ubicación del Hospital Regional de Cajamarca



Fuente: Google maps.



Fuente: Los Investigadores

Anexo 5

Punto colector de la muestra



Fuente: los investigadores.

Anexo 6

Obtención de la muestra compuesta.



Apertura del buzón, dejando liberar gases.



Recolección de aguas residuales con dispositivo fabricado por los investigadores



Toma de muestra directamente del desagüe del Hospital Regional de Cajamarca



Recolección de Aguas Residuales Hospitalarias 8:00 horas



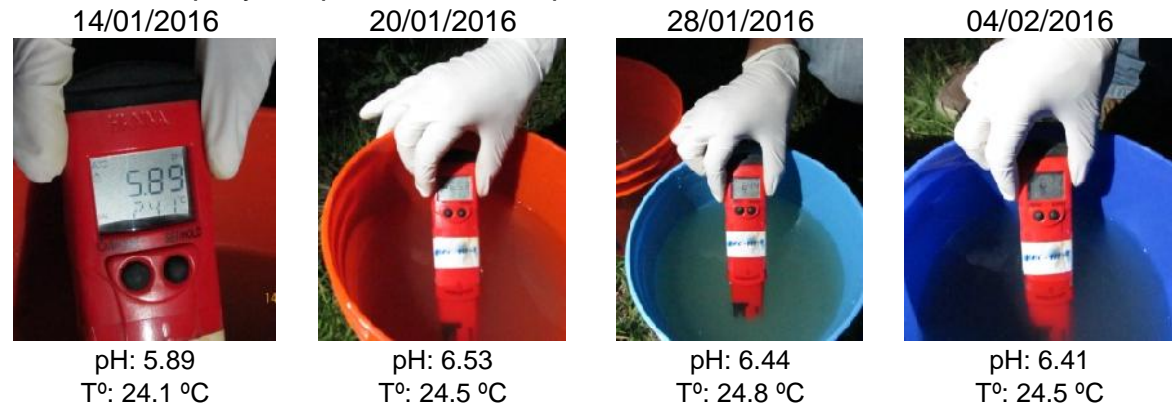
Recolección de Aguas Residuales Hospitalarias 13:00 horas



Recolección de Aguas Residuales 18:00 horas

Anexo 7

Medición de pH y temperatura In situ, por fecha de muestreo.



Anexo 8

Materiales de campo para toma de muestra



(a) GPS, (b) Multiparametro (pH, Temperatura), (c) Frasco para DBO₅, (d) Frasco para DQO, (e) Frasco para Coliformes Termotolerantes, (f) Cadena de Custodia, (g) Lapicero y (h) Caja transportadora.



Anexo 9

Formato de la Cadena de Custodia

Cliente
Contrato
Procedencia de la muestra

Cantidad de muestras
Fecha de muestreo

Parámetros de Campo (Temperatura °C)

Entrega de Muestra en el Laboratorio **Parámetros de ensayo en el Laboratorio**

Fuente: Laboratorio del Agua del Gobierno regional de Cajamarca

Fuente: Laboratorio del Agua del Gobierno regional de Cajamarca

Anexo 10

Obtencion de muestra. Una vez realizada la mezcla de las tres horas del día se procedió a la recolección de la muestra que se envió al laboratorio



Para el parámetro DBO₅ se enjuaga tres veces el frasco de 1000mL con la mezcla realizada, y se llena el deposito al ras y se sella con un tapón para evitar el ingreso de Oxígeno durante el transporte.





Para el Parámetro DQO se repite el mismo proceso que para DBO₅, y se llena el frasco de 500 mL.




Para el parámetro de Coliformes Termotolerantes, utilizamos el frasco de vidrio esterilizado, y lo sumergimos en la mezcla obtenida, se sella y tapa para su transporte



Se disponen los frascos en la caja utilizada para el transporte y se adjunta la Cadena de Custodia

Anexo 10

Informes del laboratorio.




LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° **IE 0116036**

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS			
Código Cliente			HRC001			
Código Laboratorio			0116036-01			
Matriz de Agua			RESIDUAL			
Descripción			Industrial			
Localización de la Muestra			Buzón de Desagüe HRC			
Parámetro	Unidad	LOM	Resultados			
pH a 25°C	un	6.5	7.34			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	5.0	215			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	554			
Sólidos Totales Suspensos (TSS)	mg/L	2.5	122			

ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS			
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100ML	1.8	15 x 10 ⁶		
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	1.8	22 x 10 ⁴		

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	ph	SMPWWAP/AWWA-WEF Part 520 B.1 E. 22 nd Ed. 2011 pH Value: Electrode Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMPWWAP/AWWA-WEF Part 521 B. 22 nd Ed. 2012 BOD-5: 5-Diaphragm Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMPWWAP/AWWA-WEF Part 522 C. 22 nd Ed. 2012 Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Titrimetric Method
Sólidos Totales Suspensos (TSS)	mg/L	SMPWWAP/AWWA-WEF Part 2543 D. 22 nd Ed. 2012 Solids: Total Suspended Solids: Direct Filtration
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100ML	SMPWWAP/AWWA-WEF Part 9221 B. 22 nd Ed. 2012 Multiple-Tube Fermentation: Technique for Enumeration of the Coliform Group: Standardized Test: Liquid
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100ML	SMPWWAP/AWWA-WEF Part 9221 B. 22 nd Ed. 2012 Multiple-Tube Fermentation: Technique for Enumeration of the Coliform Group: Fecal Coliform Procedure



Cajamarca, 04 de febrero de 2016.

Cod: 0116 10 01 Fecha de Emisión: 26/02/2016 Rev: N°04

Página 3 de 4

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA. ASSEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYOS.
 DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ ROS, CRO. 11100011, CAJAMARCA, PERU
 e-mail: luis.sanchez@gob.regioncajamarca.gob.pe e-mail: luis.sanchez@lra.gob.pe



IE 0116016

ENSAYOS		MICROBICOLÓGICOS				
Numeración de Coliformos Totales	60571 (2000)	1.8	17×10^4	-	-	-
Numeración de Coliformos Termotolerantes	60571 (2000)	1.8	17×10^4	-	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEMA-APHA-APHA-WF Part 4500-H ⁺ -2.2nd Ed. 2012. B-Valid: Electrode Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD ₅)	mg O ₂ /L	SLVWA-APHA-APHA-WF Part 5210-5, 2nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅) 5 Day BOD Test.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SVBWA-APHA-APHA-WF Part 5220-5, 2nd Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Titrimetric Method
Sólidos Totales Suspended (TS5)	mg/L	SVBWA-APHA-APHA-WF Part 2540-5, 22nd Ed. 2012. Solids Total Suspended Solids (TS5) at 500 ± 100°C
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEMA-APHA-APHA-WF Part 9222-1, 2nd Ed. 2012. Multiple Tube Fermentation Technique (M-Test) for Coliform Group Enumeration and Coliform Enumeration Technique
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEMA-APHA-APHA-WF Part 9222-1, 2nd Ed. 2012. Multiple Tube Fermentation Technique for Coliforms of the Coliform Group (aka Coliform Enumeration)

Yuni: 371-510.81 Fecha de Emisión: 26/06/2014 Recibido:

Page 2 of 2

LABORATORIO REGIONAL DE ANÁLISIS - DOBLADO REGIONAL CAJAMARCA, ANEXUAL, DONDE SE HAN OBTENIDO LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.
 JR. LUIS ALBERTO SAN HERNÁNDEZ, UR. EL RUSAL, CAJAMARCA - PERÚ
 E-MAIL: labregca@comcel.com.pe TEL: 051 98220 3000 FAX: 051 98220 3001



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N°

IE 0116024

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS			
Código Cliente	HRC001					
Código Laboratorio	0116024					
Matriz de Agua	RESIDUAL					
Descripción	Inchist					
Localización de la Muestra	Sector de Desagüe - HRC					
Parámetro	Unidad	LCMA	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	5.74			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	5.0	203			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	422			
Sólidos Totales Suspensos (TSS)	mg/L	2.5	113			

ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS				
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100ml	1.8	16 x 10 ²			
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1.8	11 x 10 ⁶			

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SVEWWAPHA-AWWA-WLF Part 4500-H ₊ 21 st Ed. 2012, pH Value Electronic Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SVEWWAPHA-AWWA-WLF Part 5210-D-21 st Ed. 2012, 5-Diethylamino Oxygen Demand (BOD ₅) 5-Day 20°C Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SVEWWAPHA-AWWA-WLF Part 5120-C-22 nd Ed. 2012, Closed Reflux, Titrimetric Method
Sólidos Totales Suspensos (TSS)	mg/L	SVEWWAPHA-AWWA-WLF Part 2540-1-22 nd Ed. 2012, Solids - Total Suspended Solids - Gravimetric Method
Numeración de Coliformes Totales	NMP/100ml	SVEWWAPHA-AWWA-WLF Part 9221-B-22 nd Ed. 2012, Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Enterobacteriaceae Group (Standard Plate Count) - Membrane Filtration Technique
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	SVEWWAPHA-AWWA-WLF Part 9221-B-22 nd Ed. 2012, Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group (Heat Stable Coliform Procedure)



Cajamarca, 27 de Enero de 2016.

Código: IE-12-01 Fecha de Emisión: 25/05/2014 Revisión: 01

Página: 2 de 4

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA - ASEGURA LA CONFIDABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTANDO LA ISO 9001:2015 CERTIFICADA POR EL INSTITUTO PERUANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (IPN) - INSTITUTO VENEZOLANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (IVN) - INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (ICONTEC) - INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INEN) - INSTITUTO GUATEMALATECO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INGEN) - INSTITUTO HONDUREÑO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INHONOR) - INSTITUTO NICARAGÜENSE DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (ININOR) - INSTITUTO PANAMEÑO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INIPANOR) - INSTITUTO PARAGUAYO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INIPAROR) - INSTITUTO PERUANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (IPN) - INSTITUTO VENEZOLANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (IVN) - INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (ICONTEC) - INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INEN) - INSTITUTO GUATEMALATECO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INGEN) - INSTITUTO HONDUREÑO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INHONOR) - INSTITUTO NICARAGÜENSE DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (ININOR) - INSTITUTO PANAMEÑO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INIPANOR) - INSTITUTO PARAGUAYO DE NORMALIZACIÓN, CERTIFICACIÓN Y PROMOCIÓN TECNOLÓGICA (INIPAROR)



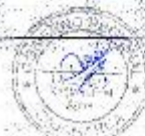
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

INFORME DE ENSAYO N° IE 0216046

ENSAYOS			FISICOQUIMICOS			
Código Cliente	HRC001		-	-	-	-
Código Laboratorio	011803E-01		-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL		-	-	-	-
Descripción	Industrial		-	-	-	-
Localización de la Muestra	Barrido de Barrio Pichay - HRC		-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	6.54	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	8.0	236	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	2.0	567	-	-	-
Sólidos Totales Suspendedos (TSS)	mg/L	2.5	118	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLOGICOS			
Numeración de Coliformes Totales	MPN/100ml	1.8	11 x 10 ⁶	-	-	-
Numeración de Coliformes Fecales	MPN/100ml	1.8	45 x 10 ⁷	-	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWWAP-16/WWA-WET Part 4500 H ₊ L 12 ^a Ed. 2012 y Test Kit Fotómetro Mettler
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWWAP-16/WWA-WET Part 5210.55 2 ^a Ed. 2012 Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅) 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWWAP-16/WWA-WET Part 5190 C 22 ^a Ed. 2012 Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux Titrimetric Method
Sólidos Totales Suspendedos (TSS)	mg/L	SMEWWAP-16/WWA-WET Part 2540 D-22 10 ^a Ed. 2012 Solids, Total Suspended Solids Direct Filtration
Numeración de Coliformes Totales	MPN/100ml	SMEWWAP-16/WWA-WET Part 9221 2 ^a Ed. 2012 Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group Standard Total Coliform Fermentation Technique
Numeración de Coliformes Fecales	MPN/100ml	SMEWWAP-16/WWA-WET Part 9221 B2 2 ^a Ed. 2012 Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group Fecal Coliform Procedure



Cajamarca, 11 de Febrero de 2016.

Cod: RIE-010-01 Fecha de Emisión: 25/08/2014 Rev: 01

Página 3 de 4

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASSEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
ING. ALBERTO SANCHEZ CANO, INGE. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
TEL: 053 223 603 000 FAX: 053 223 603 001

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010

NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permissible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Anexo 12

Grupo I: Bacterias Hidrolíticas – Fermentativas:

Las bacterias que llevan a cabo las reacciones de hidrólisis y acidogénesis son anaerobias facultativas y los géneros más frecuentes que participan son los miembros de

la familia Enterobacteriaceae, además los géneros Bacillus, Peptostreptococcus, Propionibacterium, Bacteroides, Micrococcus y Clostridium. Las bacterias con actividad proteolítica son en su mayoría especies de los géneros Clostridium, Peptococcus, Bifidobacterium y Staphylococcus. Bacterias como Anaerovibrio lipolytica con actividad lipolítica han sido aisladas del rumen; igualmente la Butyrovibrio fibrisolvens hidroliza fosfolípidos cuando crece con azúcares fermentables como fuente de carbono.

Grupo II: Bacterias Acetogénicas

Para que tenga lugar una eficiente metanogénesis, los productos de fermentación como el propionato y el butirato deben ser oxidados a acetato, CO₂ y H₂, esta oxidación es llevada a cabo por un grupo denominado “organismos acetógenos productores obligados de hidrógeno (OHPA)”, mediante un proceso conocido como acetogénesis. Aunque la mayoría de este tipo de reacciones consume energía, en ambientes anaerobios donde la energía disponible es baja, el acoplamiento de la actividad de las bacterias OHPA con las bacterias consumidoras de H₂ (metanógenos hidrogenofilicos) permite un balance energético favorable. Este último grupo, consume el hidrogeno generado por las OHPA manteniendo una presión parcial de H₂ a un nivel adecuado para que termodinámicamente pueda darse la conversión de los AGV a acetato e hidrógeno. Esta asociación se conoce como “relación sintrófica” o “transferencia interespecífica de hidrógeno”. Solamente un limitado número de especies del grupo OHPA han sido aisladas; probablemente existan más, pero aún no son conocidas. Dentro de las especies aisladas se pueden mencionar:

- Syntrophomonas sapovorans
- Syntrophobacter wolinii
- Syntrophomonas wolfei
- Syntrophospora bryantii
- Syntrophus buswellii

Dentro del grupo de acetógenos existe un grupo de bacterias conocidas como “bacterias homoacetogénicas” las cuales son anaerobias obligadas y utilizan el CO₂, como aceptor final de electrones, produciendo acetato como producto único de la fermentación anaerobia. Aunque este grupo no es un grupo taxonómico definido, en él se incluyen una variedad de bacterias Gram (+) y Gram (-) formadoras de esporas como: Clostridium aceticum, Clostridium formicoaceticum y Acetobacterium woodii (Díaz-Báez, 2002).

Grupo III: Bacterias Metanogénicas

Las bacterias metanogénicas pertenecen al grupo actualmente conocido como Archaea, cuyos miembros presentan características diferentes a las encontradas en Bacteria. Estas características están relacionadas fundamentalmente con la composición química de algunas estructuras celulares. Las bacterias metanoogénicas son anaerobias estrictas y producen metano como principal producto del metabolismo energético. A pesar de los requerimientos estrictos de anaerobiosis obligada y el metabolismo especializado de este grupo, estas bacterias se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza. La actividad metanogénica es mucho mayor en ecosistemas de aguas dulces y terrestres, la menor actividad detectada en océanos, se debe a la alta

concentración de sulfatos, condición que favorece la sulfato reducción en sedimentos marinos (Zinder 1998).